第 37卷 第 4期
2009年 4月

華東電力
East China Electric Power

Vol 37 No. 4
Apr 2009

基于 Matlab的电力系统谐波抑制研究

吴 奇,徐正宏
(泰兴市供电公司,江苏 泰兴 225400)

摘 要:采用 Matlab的 Simpower工具对一座 110kV变电站建模分析,对注入系统的各次谐波含量进行了检测。介绍了利用无功补偿进行谐波抑制的措施。结果表明,利用 Matlab进行谐波检测抑制具有建立模型简便,计算速度快的优点。

关键词:谐波检测;无功补偿;谐波抑制;Matlab

作者简介:吴 奇(1981-),男,工程师,硕士,从事电力系统变电运行工作。

中图分类号:TM46 **文献标志码**:B **文章编号**:1001-9529(2009)04-0603-03

Research on harmonic restriction for power systems based on Matlab

WU Qi, XU Zheng-hong
(Taixing Power Supply Company, Taixing, China)

Abstract: The Simpower of Matlab was used to build the model for a 110 kV substation, and the harmonic current emitted into the system was assessed. The method of using reactive compensation to control the harmonic wave was presented. The result of harmonic evaluation indicated that the proposed method has the advantages of simply modeling and rapid computation.

Key words: harmonic detecting; reactive compensation; harmonic restriction; Matlab

供电系统中增加的大量非线性负载会引起电网电流、电压波形发生畸变,从而引起电网谐波。电力设备在接入电网之前,相关部门必须对其注入电网公共连接点的谐波电流进行检测,检测的标准是国家标准 GB/T14595-93《电能质量——公用电网谐波标准》。泰兴市新建 110 kV/6 kV变电站时,翻车机、高塔吊、堆料机等设备的电源为大功率交–直–交变频装置,运行时会有一定量的谐波注入电网。所以必须对该变电站注入系统的谐波进行检测,以便及时发现问题并确定比较合理的供电方式或采取治理措施。本文利用 Matlab软件中 SimPower工具箱中的 FFT(快速傅立叶变换)工具,对此变电站建模后进行谐波分析,得到了注入系统的各次谐波含量。以此来说明利用 Matlab进行供电系统谐波检测的方法。

1 基于 Matlab的电力系统谐波检测

由于常规的谐波潮流计算方法存在建立系统谐波模型比较复杂、有些模型参数很难获得等缺点,因此采用了 Matlab环境下运用 simulink中的 SimPowersystem(电力系统仿真模型),进而进行谐波检测工作。该变电站主要负荷是变频设备驱动的电动机。变频设备通过整流变压器接入该变电站下属变电所的 6 kV母线,交流变成直流,再通过逆变器变频为各类电机供电。这类设备运行时,将产生一定幅值的谐波电流注入电网侧。变频器的简单统计如表 1所示。

表 1 部分变频器工作特点

安装位置	功率/kW	工作方式	多台同时工作可能性
电动车	500	周期性工作	较大
定位机	1 090	周期性工作	较大
装车机	340	非周期短时工作	较小
洒水除尘系统	100	长时间工作	多台同时工作

主要研究注入系统的谐波电流值,并且谐波源主要是变频设备,所以根据实际情况对系统适当简化,将负荷归类为三种:直接的工频交流负荷(如照明、排水、除尘设备等),6脉波整流–逆变供电的负荷、12脉波整流–逆变供电的负荷。

在统计各种设备的功率和功率因数,以及不同时刻设备投入的种类和数量的基础上,分析极端情况下(即同时工作的变频器数量最多时)的各个设备的组合情况,此时注入系统的谐波含量最高。进行谐波计算时,确定了变频器的结构、运

行方式和所带的负荷功率,这样在仿真时谐波源的注入谐波量就可以在由 Matlab 自动计算了。利用图 1的方框"Discrete Ts = 2e - 006s"(Matlab 中的 powergui)中的"FFT"工具可以对注入系统的电流进行傅立叶分解,得到谐波的频谱图如图 2所示。

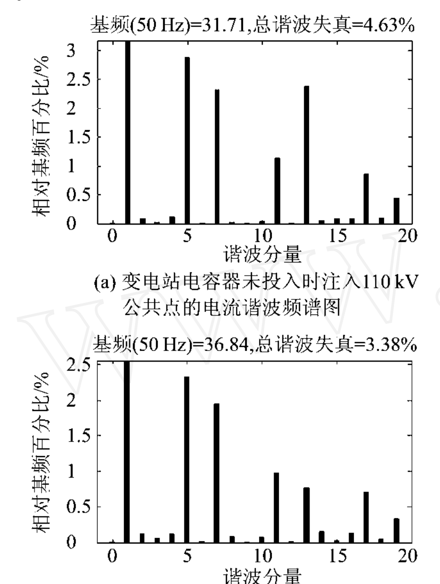


图 2 注入 110 kV 公共点的电流谐波频谱

2 无功补偿抑制谐波

本例在中压电网 (电压 6 kV)侧,基准工作频率 50 Hz,电网负荷设为对称形式,不考虑不平衡负荷;由于系统的谐波电压最终会被限制在比较小的数值内,可以忽略[1],即可认为系统交流母线电压只含基波分量。根据分配的无功补偿容量确定电容 c变压器基准工作频率 50 Hz,额定容量为 1 MVA,连接方式为 Y-Δ (中性点地),以消除 3次谐波[2]。

电容补偿容量

$$Q_c = \beta_{av} P_c (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) = \beta_{av} P_c \{\frac{\sqrt{1 - \cos^2\phi_1}}{\cos\phi_1} - \frac{\sqrt{1 - \cos^2\phi_2}}{\cos\phi_2}\} \quad (1)$$

式中 β_{av}——平均负载率,一般可取 0.7～0.8;
P_c——最大有功计算负载功率,kW;
$\cos\phi_1$——补偿前功率因数;
$\cos\phi_2$——补偿后功率因数参照电力部门的有关要求确定,一般可取 0.9～0.95。

在无功补偿中,补偿电容器组采用星形接法时,每相承受的是相电压,所以有

$$Q_c = \omega C (U_{CN} / \sqrt{3})^2 = \omega C U_{CN}^2 / 3 \quad (2)$$

根据计算可知具有相同电容量的三个单相电容器组,采用星形接法是三角形接法补偿容量的三分之一,但是其耐压等级相对可以降低,适合电压等级较高的线路中[3]。确定了电容器的连接方式和容量 Q_c以后,需要进一步确定与之串并联的电抗器、电阻器大小,可计算串联单调谐滤波无功补偿器各项参数 (为了能够达到更好的效果可以在线路中加入二阶阻尼无功补偿器主要用来消除 11次及其以上的谐)。

首先根据分配的无功补偿容量确定电容 C,由于系统的谐波电压最终会被限制在比较小的数值内,可以忽略,即可认为系统交流母线电压只含基波分量 U_1。

则滤波器的基波无功容量即补偿容量为

$$Q_{cn} = Q = \omega C \frac{n^2}{n^2 - 1} U_1^2 \quad (3)$$

式中 Q_{cn}——n次滤波器分配的无功补偿量;
U_1——系统额定线电压;
ω——工作角频率。

根据谐振频率求电抗器电感

$$L = \frac{1}{(n\omega)^2 C} \quad (4)$$

滤波电阻器电阻

$$R = \frac{n\omega L}{Q} \quad (5)$$

式中 Q——补偿器的品质因数,综合权衡滤波效果和损耗,一般取 30～100。

3 结果分析

《电能质量——公用电网谐波》规定了在 750 MVA基准的短路容量下,注人系统 110 kV公共连接点的各次谐波电流允许值。本系统 110 kV公共连接点实际最小短路容量不同于假定的基准短路容量,应该按照 GB/T14549-1993附录 B和按照 GB/T14549-1993附录 C的要求进行换算得到本系统允许注入 110 kV公共连接点的谐波电流允许值[4]。

电容器投入前后的注入系统公共点的谐波电流如表 2所示 (表中只列出了部分谐波值)。当变电站 6 kV母线出未加电容补偿运行时,注入 110 kV系统的 5次谐波电流为 5.02 A, 7次谐波 4.06 A, 13次谐波的 4.14 A分别超出国家标准

4.69 A,3.97 A,2.45 A的允许值;当变电站 6 kV母线处串 5%电抗器的电容器组投入运行,并对超出的谐波针对性滤波补偿后,注入到 110 kV公共连接点处的各次谐波电流都能符合国家标准。总谐波畸变率(THD)由 4.63%下降到 3.38%[5]。

表 2　注入系统的谐波电流

次数	3	5	7	11	13	17	THD
允许值	4.31	4.69	3.97	2.85	2.45	1.98	
投入前	0.05	5.02	4.06	1.97	4.14	1.49	4.63%
投入后	0.12	4.06	3.39	1.70	1.35	1.22	3.38%

4　结语

要利用 Matlab进行谐波检测,建立谐波源(主要是电力电子设备)的模型是关键。查明谐波源的参数,包括设备的型号、容量、台数、额定电压、额定电流、接线方式、运行控制方式、控制参数和各次谐波发生量,以及变压器的参数和连接方式等。这样可以建立较精确的模型。必须了解系统参数,包括谐波源与连接点的额定电压、短路容量、谐波电压和谐波阻抗等,以求与实际符合。

基于 Matlab的电力系统谐波检测适用于电力设备(包括变电站,整流,逆变,电力线路等)投入运行的系统建模仿真。本文的方法还可以对系统中的其他元件(比如电容器)进行电压和电流的谐波分析。文章对电压谐波的分析结果是其谐波分量很小,与预想分析结果一致[6]。

参考文献:

[1]　王兆安. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京:机械工业出版社,2006.

[2]　Jbridgeman M. Measurement of harmonic impedance on an LV system utilsing Power capacitor Switching and consequent predictions of capacitor induced harmonic distortion, 8th ICHQP, 1998: 1141.

[3]　张爱枫,赵宏伟,冯裕钊. 无功补偿中的谐波问题分析[J]. 电力系统及其自动化学报, 2002,14(5): 53-55.

[4]　周雒维,等. 基于补偿电流最小原理的谐波与无功电流检测方法[J]. 电工技术学报,1998,13(3): 33-36.

[5]　陈荣. 动态功率因数补偿[J]. 江苏电机工程,2003 (1): 52-5.

[6]　吴天明,赵新力. MATLAB电力系统设计于分析[M]. 北京:国防工业出版社,2007.

收稿日期: 2009-01-11
本文编辑:杨林青

电力简讯

国家电网公司一季度电力市场需求情况
——用电量同比下降降幅有所减小

一季度,国家电网公司经营区域全社会用电量 6 315.6亿 kW·h,同比下降 3.9%,但下滑速度有所减慢,与 2008年 11月(-6.7%)、12月(-7.6%)相比,降幅有所减小。各产业和居民生活用电增速均有所回落,第二产业用电比重下降。第一季度,第一产业用电量 144.6亿 kW·h,同比增长 7.0%,增速同比回落 2.7个百分点;第二产业用电量 4 534.8亿 kW·h,同比下降 7.7%,增速同比回落 20.1个百分点;第三产业用电量 741.4亿 kW·h,同比增长 6.8%,增速同比回落 9.9个百分点;城乡居民生活用电量 894.8亿 kW·h,同比增长 7.8%,增速同比回落 13.4个百分点。受第二产业用电增速回落影响,第二产业用电比重下降至 71.8%,同比下降 2.9个百分点,第一产业、第三产业和居民生活用电比重均有所上升。第一季度,国家电网公司经营区域内工业用电量 4 470.1亿 kW·h,同比下降 7.9%。其中,轻、重工业用电分别同比下降 8.1%和 7.8%;黑色金属、有色金属、化工和建材四大高耗能行业用电量 1 897.7亿 kW·h,同比下降 11.0%。各区域用电量均有所减少。第一季度,华北、华东、华中、东北和西北电网用电量分别同比下降 3.7%、3.7%、2.8%、4.3%和 7.8%,增速分别同比回落了 16.6、18.7、16.0、16.9和 23.6个百分点;分省来看,宁夏、甘肃、河南、青海、上海、辽宁、福建等省(市、自治区)用电量增速回落明显,下降幅度超过 20个百分点。

国家电网一季度电源建设情况

2009年第一季度,在电源建设方面,国家电网公司经营区域内新增发电装机容量 10 900 MW,其中水电 2 120 MW,火电 6 480 MW,新能源发电装机 1 500 MW,其它发电装机 800 MW;分地区来看,华北新增发电装机 2 470 MW,华东新增 2 450 MW,华中新增 2 700 MW,东北新增 1 990 MW,西北新增 1 280 MW。

(本刊讯)